

entwertet

Leenen

H. C. A. 120
2236-1756

Anleitung

zum

**Gebrauche des Apparates zur Bestimmung der kohlensauren
Kalkerde**

in der

Knochenkohle,

sowie zur

volumetrisch-quantitativen Analyse der
kohlensauren Salze,

von

Dr. C. Scheibler,

Chemiker bei der Pommerschen Provinzial-Zuckerfabrik zu Stettin.

Dritte sehr erweiterte und verbesserte Auflage.

Als Manuscript gedruckt.



Berlin 1865.

Schnellpressendruck der C. Feister'schen Buchdruckerei (L. Mewes),
Zieten-Platz No. 2.

Vorwort zur zweiten und dritten Auflage.

Die rasche Verbreitung meines Apparates, sowie einige in den letzten Jahren an demselben vorgenommenen Vervollkommnungen erfordern das Erscheinen einer neuen Gebrauchs-Anweisung um so mehr, als ich beabsichtige, dieselbe so zu erweitern, dass sie nicht mehr ausschliesslich eine Anleitung zur Untersuchung der Knochenkohle ist, sondern auch die volumetrisch-quantitative Analyse sämtlicher kohlensauen Salze umfasst. Um jedoch den Character der älteren Gebrauchs-Anweisung auch für die neue möglichst beizubehalten, soll die Anleitung zur Untersuchung der Knochenkohle für sich gesondert gegeben und demnächst erst das bei der Untersuchung kohlensaurer Salze im Allgemeinen zu beobachtende Verfahren erörtert werden.

Schliesslich sei noch hervorgehoben, dass die ältere empirisch gefundene Tab. I. durch eine neue ersetzt ist, die aus der § 20 gegebenen rationellen Formel hergeleitet wurde.

Stettin, im October 1865.

Dr. C. Scheibler.

Inhalts-Übersicht.

	Seite
Einleitung	5
Erster Abschnitt. Ueber die Bestandtheile, Aufstellung und Behandlung des Apparates (§ 1—6)	7
Zweiter Abschnitt. Ueber die Darstellung der erforderlichen Reagentien (§ 7 und 8)	11
Dritter Abschnitt. Untersuchung der Knochenkohle auf ihren Gehalt an kohlensaurer Kalkerde (§ 9—16)	12
Vierter Abschnitt. Berechnung der Salzsäure-Menge, welche zur Entfernung des Kalküberschusses aus einer beliebig grossen Quantität Knochenkohle erforderlich ist (§ 17 und 18) ...	17
Fünfter Abschnitt. Ueber die volumetrisch-quantitative Bestimmung der an verschiedene Basen gebundenen Kohlensäure (§ 19—24)	20

Einleitung.

Der im Nachfolgenden beschriebene Apparat*) dient zur quantitativen Untersuchung sämtlicher natürlichen und künstlichen kohlensauen Salze, sowie insbesondere zur procentischen Bestimmung der in neuer oder gebrauchter Knochenkohle (Sodium) enthaltenen kohlensauen Kalkerde. Er ist zufolge eines Principes construiert, welches von mir im Jahre 1855 zur Kalk-Bestimmung des Mergels etc. (Journal für praktische Chemie Bd. 65 p. 228) vorgeschlagen und seitdem genauer entwickelt und auf alle Kohlensäure-Verbindungen anwendbar gemacht worden ist**). Es liegt demselben die Thatsache zu Grunde, dass der Kohlensäure-Gehalt der kohlensauen Kalkerde nach stöchiometrischen Gesetzen als das Maass für letztere benutzt werden kann, welcher Gehalt jedoch nicht „durch Wägung“, wie dies bisher geschah, sondern „durch volumetrische Messung“ festgestellt wird. Diesem Umstande verdankt der Apparat seine grosse Einfachheit in der Handhabung und schnelle Ausführbarkeit der Versuche, wodurch es möglich wird, Bestimmungen in wenigen Minuten vorzunehmen, die früher ebenso viele Stunden Zeit und ausserdem chemische Vorkenntnisse verlangten.

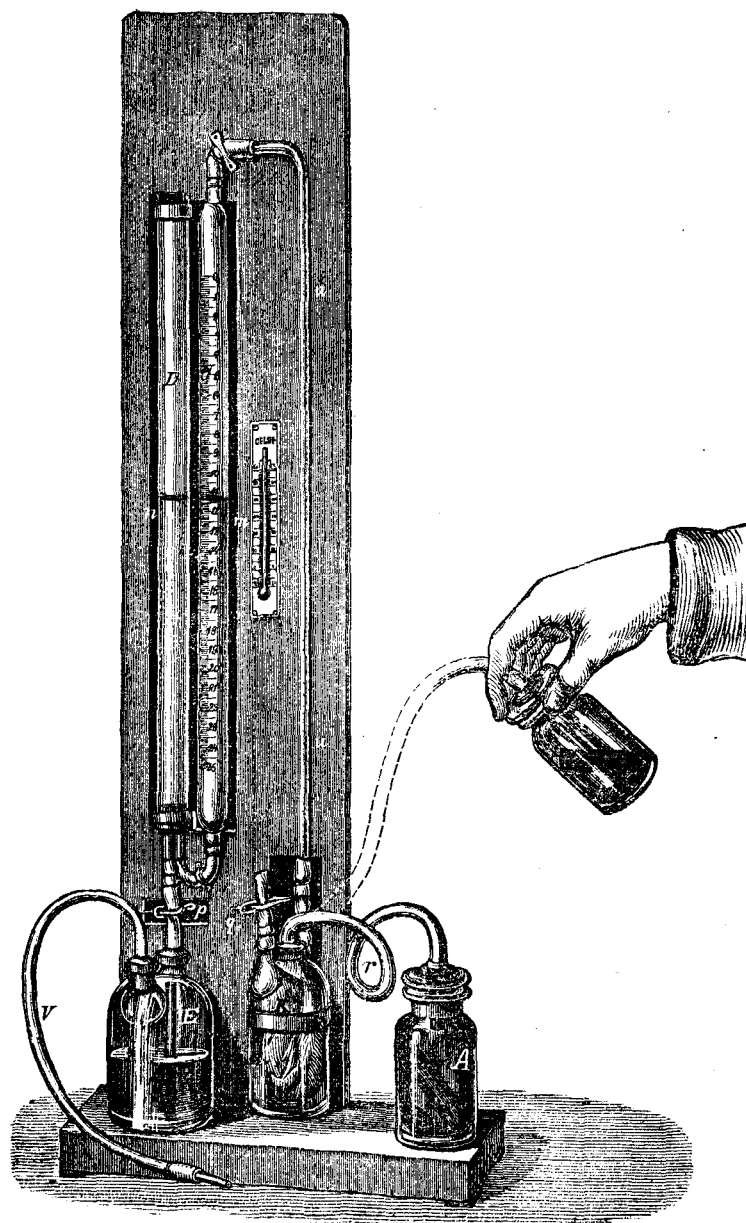
*) Siehe auch: Zeitschrift des Vereins für die Rübenzucker-Industrie im Zoll-Verein 1859. 68. Lieferung. S. 285.

**) Ebendasselbst 1861. 86. Lieferung. S. 525.

Die mittelst des Apparates erzielten Resultate sind überraschend genau, sobald gewisse kleinere Vorsichtsmassregeln inne gehalten werden, die durch eine geringe Uebung bald anzueignen sind.

Da für die Handhabung des Apparates keine chemischen Kenntnisse vorausgesetzt werden, obwohl sie für dieselbe immerhin erwünscht bleiben, so wird man es natürlich finden und entschuldigen, dass die nachfolgende Gebrauchs-Anweisung ausführlicher gehalten wurde, als es einem Chemiker von Fach gegenüber erforderlich ist, und dass alle diejenigen Bedingungen, deren Befolgung von Wichtigkeit ist, durch „hervortretende Schrift“ besonders kenntlich gemacht sind.





Erster Abschnitt.

Ueber die Bestandtheile, Aufstellung und Behandlung
des Apparates.

§ 1. Der auf beiliegender Tafel abgebildete Apparat besteht aus folgenden Theilen:

1. Dem Kohlensäure-Entwickelungsgefäße A, in welchem die Zersetzung der zu untersuchenden Kohlensäure-Verbindung (resp. Knochenkohle) durch verdünnte Salzsäure herbeigeführt wird, welche letztere sich vor dem Versuche in dem Gutta-Percha-Gefäß s befindet. Der Glasstöpsel des Gefäßes A, der in seiner Durchbohrung ein Glasrohr eingekittet enthält, steht mittelst eines Kautschukrohrs r in Verbindung mit
2. der dreifach tubulirten Flasche B. Der mittlere Tubus derselben enthält eine eingekittete Glasröhre r, die einerseits mit A in Verbindung steht, andererseits innerhalb von B luftdicht in eine Blase K von postpapierdünnem Kautschuck mündet. Die angesetzte vordere Röhre q der Flasche B, welche während der Versuche durch einen sogenannten Quetsch-Hahn verschlossen bleibt, dient dazu, um den innern Raum von B erforderlichen Falls mit der äusseren Atmosphäre in Kommunikation treten zu lassen. Die dritte aufwärts führende Röhre u endlich steht in Verbindung mit
3. dem genau calibrirten eigentlichen Mess-Apparat, d. i. einer in 25 Theile getheilten Glasröhre C. Das un-

tere Ende dieser Messröhre C steht ferner in Verbindung mit

4. der ihr parallel laufenden Gasdruck - Controlröhre D. Diese enthält an ihrem unteren Ende eine bei p verschliessbare Abflussröhre, welche bis auf den Boden
5. der zweihalsigen Flasche E (Wasser-Reservoir) führt. Durch Oeffnen des Quetsch-Hahns p fliesst das in C und D enthaltene Wasser nach E ab, andererseits aber kann man das in E vorhandene Wasser nach C und D treiben, wenn man bei geöffnetem Quetsch-Hahn p kräftig Luft in die Flasche E hineinbläst, wozu der Kautschuck-Schlauch v dient.

Ausser diesen Haupttheilen sind dem Apparate noch beigegeben:

6. Ein kleines genaues Gewichtstück zum Abwägen der Proben.
7. Ein Thermometer.
8. Eine Flasche mit Salzsäure.
9. Eine Flasche mit einer Auflösung von kohlensaurem Ammoniak und
10. Mehrere kleine Porzellanschälchen.

§ 2. Sämmtliche erstgenannten Theile des Apparates, mit Ausnahme des Gefässes A, sind der leichteren Handhabung wegen, und um das Zerbrechen derselben möglichst zu verhüten, durch geeignete Metallfassungen an einem Holzstativ befestigt, was um so eher geschehen kann, da sie nie auseinander genommen zu werden brauchen.

§ 3. Das Anfüllen des Apparates mit Wasser geschieht in der Weise, dass man durch das offene obere Ende der Röhre D, bei geöffnetem Quetsch-Hahne p*), so lange reines Wasser (am besten destillirtes, weil sich solches nicht mit der Zeit trübt) eingiesst, bis das Gefäss E nahezu damit angefüllt

*) Das Oeffnen der Quetsch-Hähne wird dadurch bewerkstelligt, dass man die hervorstehenden Enden der Metallklemmen gegen einander drückt, wodurch das zusammengedrückte Kautschuck-Rohr sich öffnet.

ist. Dieses Anfüllen des Apparates mit Wasser ist nur einmal erforderlich, da das Wasser stets darin verbleiben kann.

§ 4. Will man mit dem in E befindlichen Wasser die beiden Röhren C und D, und zwar letztere bis zum Nullpunkte der Scala anfüllen, so hebt man den Glasstöpsel von A ab, öffnet den Quetsch-Hahn p und bläst durch den Kautschuck-Schlauch v kräftig Luft in die Flasche E. Hierdurch steigt das Wasser aus letzterer in die Röhren C und D hinein, welche davon zu gleicher Höhe angefüllt werden. Beim Anfüllen dieser Röhren mit Wasser hat man jedoch Sorge dafür zu tragen, dass das Wasser nicht zu hoch über den Nullpunkt der Scala in C und zwar **nicht so hoch steige**, um durch u nach B hinübertreten zu können, was ein Auseinandernehmen des ganzen Apparates nöthig machen würde. Wurde das Wasser etwas bis über den Nullpunkt der Scala hinausgetrieben, bevor man den Quetsch-Hahn p wieder geschlossen, so ist es leicht, durch leises Lüften des letzteren, diesen Wasser-Ueberschuss wieder nach E zurücklaufen zu lassen, bis die Flüssigkeit in C genau den erforderlichen Nullpunkt der Scala einnimmt.

§ 5. Während sich die Röhre C mit Wasser anfüllt, drückt die in dem Maasse aus C entweichende atmosphärische Luft, welche nach B gelangt, die dünnwandige Kautschuck-Kugel zusammen und sollte letzteres nicht in genügender Weise der Fall sein, so bläst man vorsichtig und langsam durch das geöffnete Rohr bei q Luft in die Flasche B ein, bis das völlige Zusammenfallen der Kautschuck-Blase erreicht ist. Uebrigens ist auch diese Entleerung der Kautschuck-Blase K nur einmal zu Anfang der Versuche erforderlich, da sich dieselbe bei den aufeinander folgenden Versuchen immer wieder von selbst entleert.

Es kann jedoch noch der Fall eintreten, dass beim Füllen der Röhren D und C die Kautschuck-Kugel K bereits früher völlig zusammengeschrumpft ist, ehe das Wasser den Nullpunkt an der Scala erreicht hat. In diesem Falle stellt sich das Wasser der beiden Röhren nicht in's Gleichgewicht, sondern es bleibt in D höher stehen, welcher Umstand aber

durch ein einmaliges Oeffnen des Quetsch-Hahns q leicht zu beseitigen ist.

§ 6. In Betreff der Aufstellung des Apparates wählt man einen solchen Ort, dass derselbe weder von den directen Sonnenstrahlen, noch von der strahlenden Wärme eines etwa nahestehenden Ofens getroffen wird, damit **keine plötzlichen Temperatur-Veränderungen während der Versuche** die Resultate beeinflussen können. Am besten stellt man ihn vor einem gegen Norden liegenden Fenster so auf, dass man durch die Glas-Röhre hindurchsehend den Wasserstand bequem an der Scala ablesen kann. Beim Ablesen bringt man das Auge in gleiche Höhe mit dem Wasserstand in der Röhre C und beobachtet, mit welchem Theilstriche der untere Punkt der nach innen gekrümmten Wasser-Oberfläche zusammenfällt.



Zweiter Abschnitt.

Ueber die Darstellung der erforderlichen Reagentien:
Salzsäure und kohlensaures Ammoniak.

§ 7. **Salzsäure:** Die zur Zersetzung der Knochenkohle in Anwendung kommende Salzsäure, womit bei den einzelnen Versuchen das Gefäss s angefüllt wird, kann die gewöhnliche rohe Salzsäure des Handels sein, wie sie in den Fabriken benutzt wird. Dieselbe wird mit so viel Wasser verdünnt, dass sie ein specifisches Gewicht von 1,120 bei 17° Cels. besitzt. Da jedoch kleine Abweichungen von diesem specifischen Gewichte ohne wesentlichen Einfluss auf die Resultate sind, so genügt es auch für gewöhnliche Zwecke 2 Volume concentrirte Salzsäure mit 1 Vol. Wasser zu verdünnen, wodurch annähernd eine Säure von dem gewünschten specifischen Gewicht entsteht. Man stellt sich gleich eine grössere, zu vielen Proben ausreichende Menge der verdünnten Säure dar.

§ 8. **Kohlensaures Ammoniak.** Zur Darstellung einer Auflösung desselben nimmt man einen Theil käufliches, gereinigtes, anderthalbkohlensaures Ammoniak, zerstösst es gröblich, übergiesst es in einer verschliessbaren Flasche mit 4 Theilen Wasser und 1 Theil Aetzammoniak-Flüssigkeit und befördert die Auflösung durch zeitweiliges Umschütteln.

Das kohlensaure Ammoniak dient dazu, um den in den zu untersuchenden Substanzen etwa vorhandenen Aetzkalk vor der Untersuchung in kohlensauen Kalk umzuwandeln (s. § 12).



Dritter Abschnitt.

Untersuchung der Knochenkohle auf ihren Gehalt an
kohlensaurer Kalkerde.

§ 9. Vorbereitende Operationen. Soll neue oder beliebig oft benutzte Knochenkohle auf ihren Gehalt an kohlensaurer Kalkerde untersucht werden, so ist es zur Erlangung brauchbarer Resultate durchaus erforderlich, aus dem vorliegenden Quantum derselben eine **richtige** sogenannte **Durchschnitts-** oder **Mittel-Probe** für die Untersuchung zu entnehmen. Man erreicht dieses Ziel mehr oder weniger zur Genüge, wenn man **von vielen verschiedenen Stellen** (z. B. eines Filters oder Fasses) kleinere Quantitäten entnimmt, diese innig untereinander mengt und nun von diesem Gemenge etwa 1 bis 2 Loth an einem warmen Orte (auf einem Stubenofen, Dampfkessel) lufttrocken werden lässt, falls die Kohle nass sein sollte.

§ 10. Die so gewonnene Mittel-Probe wird nunmehr gröblich zerpulvert, und ein kleinerer Theil dieses groben Pulvers schliesslich **möglichst fein zerrieben**. (Je feiner die Kohle zerrieben wird, um so rascher wird die § 14 beschriebene Zersetzung des Pulvers im Apparate erfolgen.)

§ 11. Abwägung der Proben. Von diesem feinen Pulver wägt man sich eine dem Normalgewichte entsprechende Menge ab und zwar in folgender Weise: Auf die eine Seite einer gut ziehenden Waage (eine Granwaage, welche noch $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ Gran angiebt, ist in Ermangelung einer eigentlichen chemischen Waage hierzu ausreichend) bringt man ein kleines Porzellanschälchen, sowie das Gewichtstück und stellt das Gleichge-

wicht der Waage dadurch genau her, dass man die andere Seite derselben mit zu Gebote stehenden Gewichtchen, Schrotkörnern, Metallstreifen, Drathstücken etc. (Papier, Holz oder andere wasseranziehende Stoffe sind zu vermeiden) belastet. Ist das Gleichgewicht erzielt, so nimmt man das Normalgewicht von der Waage und bringt statt desselben das fein gepulverte Spodium in solcher Menge in das Porzellanschälchen, dass die Waage abermals genau Gleichgewicht zeigt. Hat man mehrere Proben hintereinander auszuführen, so verfährt man noch zweckmässiger in der Weise, dass man sich ein für allemal die summarische Tara des Normalgewichts und eines Uhrglases nimmt und nun sämtliche Proben auf letzterem abwägt und diese mit Hülfe einer Federbartspitze ohne Verlust in die kleinen Porzellanschälchen resp. gleich in die Flasche A bringt. In dieser Weise umgeht man das häufige lästige Ermitteln der Tara, da man stets auf demselben Uhrglase abwägt.

§ 12. Die so abgewogenen Versuchs-Quantitäten von Knochenkohle werden, da die Kohle häufig noch Aetzkalk enthalten soll, mit 10 bis 20 Tropfen der Auflösung von kohlensaurem Ammoniak (§ 8) durchfeuchtet, an einem heissen Orte (Stubenofen, Wasserbade etc.) völlig ausgetrocknet und das auf einen Dreifuss gestellte Porzellanschälchen sammt seinem Inhalte schliesslich über einer kleinen Spiritusflamme kurze Zeit etwas stärker (jedoch keineswegs zum Glühen) erhitzt. Jede in dieser Weise behandelte Probe enthält keinen Aetzkalk mehr, sondern nur kohlensaure Kalkerde, und ist **nach vollständig eingetretener Erkaltung** geeignet, mittelst des Apparates untersucht zu werden, wozu die folgenden §§ die Anleitung geben.

Da das Vorkommen von Aetzkalk in gebrauchten Kohlen jedoch in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten als sehr unwahrscheinlich bezeichnet worden ist*), so ist ein Behandeln der Proben mit kohlensaurem Ammoniak in den meisten Fällen

*) Vgl. Ausführlicheres hierüber in meinem Aufsätze S. 537 der 86. Lieferung der Zeitschr. d. Ver. f. Rübenzucker-Industrie.

ganz überflüssig und vielleicht nur bei Untersuchung ganz neuer frisch gebrannter Kohle vorzunehmen.

§ 13. **Zersetzung der Kohle im Apparat.** Nachdem die abgewogene Probe, wenn nöthig nach Vorschrift des § 12 mit kohlen-saurem Ammoniak behandelt und völlig erkaltet ist, geht man an die eigentliche Untersuchung derselben. Zu dem Ende stellt man das Wasser in der Röhre C genau auf den 0-Punkt ein (nach § 4) und bringt die Probe aus dem kleinen Porzellanschälchen vollständig und ohne Verlust mit Hülfe einer stumpfen Federbartspitze auf den Boden des vorher **gut gereinigten, völlig trockenen** Gefässes A. Alsdann füllt man das ebenfalls gereinigte, äusserlich trockene Gutta-Percha-Gefäss s bis auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll Höhe mit Salzsäure (§ 7) und zwar mit der Vorsicht, dass **keine Salzsäure dem Gutta-Percha-Gefäss äusserlich anhaftet**. Dieses Gutta-Percha-Gefäss stellt man in die Flasche A hinein, anlehnend an dessen innerer Wandung (siehe die Abbildung). Nun setzt man den Glasstöpsel von A wieder auf, den man vorher zur besseren Dichtung, und um ihn stets leicht abheben zu können, **ringsum stark mit Talg bestrichen** hat. Durch dieses Aufsetzen des Glasstöpsels fällt der Wasserstand in C etwas unter dem 0-Punkt der Scala, dafür in D entsprechend steigend; durch einmaliges Oeffnen des Quetsch-Hahns q wird der normirte Stand jedoch leicht wieder auf 0 gebracht. Bei allen diesen Vorbereitungen ist eine **Erwärmung des Gefässes A** durch häufiges Anfassen mit der vollen Hand **möglichst zu vermeiden**.

§ 14. Indem man, um diese Erwärmung zu umgehen, den Hals der Flasche A nunmehr mit Daumen und Mittelfinger ergreift, während man den Zeigefinger auf den Stöpsel setzt (siehe die Abbildung), bringt man durch Neigung des an r beweglichen Gefässes A die in s befindliche Salzsäure **völlig zum Ausfliessen** und dadurch in Berührung mit der Knochenkohle, deren Zersetzung sofort unter Freiwerden von Kohlensäure-Gas beginnt. Die Kautschuck-Blase K bläht sich auf, während das Wasser an der Scala bei C sinkt und dem entsprechend in D steigt. Während man nun mit der rechten Hand durch leises Schütteln den Inhalt des Gefässes A in

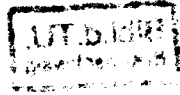
fortwährender Bewegung erhält, damit die ausgegossene Salzsäure in allseitige Berührung mit dem Spodium gelangt, lässt man mittelst der linken Hand durch vorsichtiges Oeffnen des Quetsch-Hahns p stets so viel Wasser nach E abfliessen, als nöthig ist, damit das Wasser-Niveau in beiden Röhren D und C **genau gleiche Höhe hält**. Das Schütteln des Gefässes A, sowie das Ablassen des Wassers durch p wird **ununterbrochen so lange fortgesetzt**, als noch eine Kohlensäure-Entwicklung, resp. ein Sinken des Niveaus an der Scala von C bemerkbar ist. Erst dann, wenn letzteres während einiger Sekunden hindurch sich nicht mehr zeigt, ist der Versuch als beendet zu betrachten.

Man sorgt nunmehr dafür, dass der Wasserstand in den Röhren C und D gleiche Höhe hat, und liest den Stand des Wassers an der Scala, sowie auch den Thermometerstand, bei welchem der Versuch vorgenommen, ab, um auf Grund dieser Zahlen den procentischen Gehalt an kohlen-saurer Kalkerde, den die Kohle enthält, unter Zuziehung der beige-fügten Tabelle I. festzustellen.

§ 15. **Correction des abgelesenen Volums.** Die Tabelle I. enthält in ihrer ersten Spalte unter der Aufschrift „abgelesenes Volum“ die Zahlen von 1 bis 25, welche den Zahlen an der Scala der Röhre C entsprechen. Mit diesen Zahlen correspondiren in den folgenden Verticalspalten die zu suchenden Kalkprocente für Temperaturen von 12 bis 30° Celsius.

Hat man daher z. B. bei einer Zimmer-Temperatur von 16° Cels. an der Scala 9 Grade gefunden, so entsprechen diese einem Gehalte von kohlen-saurer Kalkerde von 9,03 Procent.

Da nun aber jeder Grad an der Röhre C noch in 10 Theile getheilt ist, so erlaubt dies ein Ablesen der Versuchs-Grössen nach ganzen und zehntel Graden. Den Kalkwerth für die zehntel Grade findet man ebenfalls mit Hülfe der Tabelle I. unter den ersten 9 Zahlen der Spalte „abgelesene Grade“, wenn man die Werthe in den betreffenden Temperatur-Spalten um das Zehnfache kleiner nimmt, d. h. ihnen eine 0 als Einheit vorsetzt, oder das Decimalkomma von



Rechts nach Links um eine Stelle verschiebt. Hat man z. B. bei der Temperatur 14° Cels. an der Scala den Stand 7,8, d. i. 7 ganze und 8 zehntel Grade, abgelesen, so hat man für 7 ganze Grade 7,09 Proc.

„ 8 zehntel Grade 0,81 „ (weil 8 = 8,11), also in
Summa für 7,8 Grade 7,90 Proc. kohlen. Kalkerde.

§ 16. **Uebungs-Beispiele.** Ebenso wird man beispielsweise finden

für 9,4 abgeles. Gr. bei der Temp. 19° Cels. 9,289 Proc.

„ 14,9 „ „ „ „ 13° „ 15,056 „

„ 12,3 „ „ „ „ 24° „ 11,799 „

„ 11,7 „ „ „ „ 16° „ 11,702 „

kohlensaure Kalkerde. Diese berechneten Kalkwerthe rundet man jedoch auf zwei Decimalstellen, d. h. beziehlich auf 9,30, 15,06, 11,8 und 11,7 ab, indem man die dritte Stelle entweder für eine ganze zweite Stelle nimmt oder wegfallen lässt, je nachdem sie grösser oder kleiner als 5 ist.

Vierter Abschnitt.

Berechnung der Salzsäuremenge, welche zur Entfernung des Kalk-Ueberschusses aus einer beliebig grossen Quantität Knochenkohle erforderlich ist.

§ 17. Hat man in der vorbeschriebenen Weise* den Procentgehalt des in der Knochenkohle enthaltenen kohlensauren Kalkes festgestellt, so ist es leicht, diejenige Salzsäuremenge von einem beliebigen spec. Gew. zu berechnen, welche beim praktischen Betriebe, zur Entfernung des Kalk-Ueberschusses aus der Kohle anzuwenden ist.

Diese Berechnung geschieht schnell und leicht mit Hülfe der Tabelle II. Bezeichnen wir beispielsweise den normalen Kalkgehalt der Knochenkohle mit 7 Proc.*), während wir mittelst des Apparats 9,84 Proc. gefunden haben, so sind demnach 2,84 Proc. durch Säuerung in Auflösung zu bringen und wegzuwaschen. Gesetzt nun, dass die zur Verfügung stehende Salzsäure, mittelst welcher die Entkalkung der Kohle bewirkt werden soll, ein spec. Gew. von 1,185 habe, so berechnet sich das procentische Salzsäure-Quantum, welches zur Auflösung des vorhandenen Kalk-Ueberschusses von 2,84 Proc. genommen werden muss, wie folgt (Tab. II., 4. Horizontal-Reihe von oben):

*) Die Techniker sind zur Zeit noch nicht einig darüber, wie hoch der Normal-Kalkgehalt der Kohle anzunehmen sei, weshalb denn auch hier keine bestimmte Zahl angegeben werden soll. Gewöhnlich nimmt man 6 bis 7 Proc. an; richtiger scheint es mir jedoch, die in der neuen Kohle ursprünglich gefundene Kalkmenge als die normale festzuhalten, um dann die später nöthig werdenden Entkalkungen zu bemessen.

2 Proc. Kalk verlangen	3,9092 Proc. Salzsäure (Spalte2)
0,8 „ „ „	1,5637 „ „ (Spalte8)
0,04 „ „ „	0,0782 „ „ (Spalte4)

Sa. 2,84 Proc. Kalk verlangen 5,5511 Proc. Salzsäure;
d. h. je 100 Pfund vorliegender Knochenkohle müssen mit
5,55 Pfd. Salzsäure behandelt werden, damit eine Entkalkung
von 2,84 Proc. oder von 9,84 auf 7 Proc. Normal-Kalkgehalt
stattfinde.

§ 18. **Uebungs-Beispiele.** Soll ferner ein Kalk-Ueberschuss
von beispielsweise 1,46 Proc. mittelst einer Salzsäure von 1,170
spec. Gew. aus einer Kohle entfernt werden, so hat man nach
Tab. II., 7. Horizontal-Reihe von oben:

für 1,00 Proc. Kalk	2,1325 Proc. Salzsäure,
„ 0,40 „ „	0,8530 „ „ und
„ 0,06 „ „	0,1279 „ „ also in Summa
für 1,46 Proc. Kalk	3,1134 Proc. oder in runder Zahl

3,11 Proc. Salzsäure zu nehmen.

In gleicher Weise wird man durch blosse Addition der
betreffenden Werthe finden, dass je 100 Pfd. Kohle mit einem
Kalk-Ueberschusse von:

4,17 Proc.	7,68 Proc. Salzsäure von 1,195 spec. Gew.,
2,04 „ 4,23 „ „	1,175 „ „ und
0,88 „ 1,67 „ „	1,190 „ „

zu ihrer Auflösung verlangen.

Die Tabelle II. dient übrigens selbstverständlich nicht
allein dazu, das in einzelnen Fällen anzuwendende Salzsäure-
Quantum procentisch, sondern auch absolut auszudrücken.
Gesetzt, die Säuerung der Kohle werde stets in einem und
demselben Gefässe von bekannter Capacität und zwar jedes-
mal mit Mengen von 2000 Pfd. Kohle vorgenommen, so wür-
den bei einem Kalk-Ueberschusse der letzteren von 1,84 Proc.
demnach 20 Mal 1,84 oder 36,8 Pfd. Kalk in Lösung zu
bringen sein. Die hierzu erforderliche Menge Salzsäure be-
rechnet sich für ein spec. Gew. derselben von 1,185, aus der
diesem spec. Gew. entsprechenden Zahlen-Reihe (Tab. II.,
4. Reihe von oben).

Diesem spec. Gew. entsprechend finden sich nämlich in

Tabelle I.
zur procentischen Bestimmung der kohlensauren Kalkerde in der Knochenkohle aus dem
Volum der Kohlensäure.

Abgelesenes Volum	Bei den Temperaturen (nach Cels.):																		
	12 Grad	13 Grad	14 Grad	15 Grad	16 Grad	17 Grad	18 Grad	19 Grad	20 Grad	21 Grad	22 Grad	23 Grad	24 Grad	25 Grad	26 Grad	27 Grad	28 Grad	29 Grad	30 Grad
1	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74	0,73	0,73
2	1,88	1,87	1,86	1,86	1,85	1,84	1,83	1,82	1,81	1,80	1,79	1,79	1,78	1,77	1,76	1,75	1,74	1,73	1,72
3	2,95	2,94	2,92	2,91	2,90	2,89	2,87	2,86	2,85	2,83	2,82	2,80	2,79	2,77	2,76	2,74	2,73	2,72	2,71
4	4,01	4,00	3,98	3,96	3,94	3,93	3,91	3,89	3,87	3,85	3,83	3,81	3,79	3,77	3,75	3,73	3,71	3,70	3,68
5	5,07	5,05	5,03	5,00	4,98	4,96	4,93	4,91	4,89	4,86	4,84	4,81	4,79	4,76	4,74	4,71	4,69	4,67	4,65
6	6,11	6,09	6,06	6,03	6,01	5,98	5,95	5,92	5,89	5,86	5,83	5,81	5,78	5,75	5,71	5,68	5,65	5,63	5,61
7	7,14	7,12	7,09	7,06	7,02	6,99	6,96	6,92	6,89	6,86	6,82	6,79	6,75	6,72	6,68	6,65	6,61	6,58	6,56
8	8,17	8,14	8,11	8,07	8,03	8,00	7,96	7,92	7,88	7,84	7,80	7,76	7,72	7,68	7,64	7,60	7,56	7,53	7,49
9	9,19	9,16	9,12	9,07	9,03	8,99	8,95	8,90	8,86	8,82	8,77	8,73	8,68	8,64	8,59	8,55	8,50	8,46	8,42
10	10,20	10,16	10,12	10,07	10,02	9,98	9,93	9,88	9,83	9,79	9,73	9,68	9,63	9,58	9,53	9,48	9,43	9,39	9,34
11	11,20	11,15	11,10	11,05	11,00	10,95	10,89	10,84	10,79	10,74	10,68	10,63	10,57	10,52	10,46	10,41	10,35	10,30	10,25
12	12,20	12,15	12,09	12,03	11,98	11,92	11,87	11,81	11,75	11,69	11,64	11,58	11,52	11,46	11,40	11,33	11,27	11,22	11,16
13	13,20	13,14	13,08	13,02	12,96	12,90	12,84	12,78	12,72	12,65	12,59	12,53	12,46	12,40	12,33	12,26	12,20	12,14	12,07
14	14,20	14,14	14,07	14,01	13,94	13,88	13,81	13,75	13,68	13,61	13,54	13,48	13,41	13,34	13,26	13,19	13,12	13,05	12,99
15	15,20	15,13	15,06	14,99	14,92	14,85	14,78	14,71	14,64	14,57	14,50	14,42	14,35	14,27	14,20	14,12	14,04	13,97	13,90
16	16,20	16,13	16,05	15,98	15,91	15,83	15,76	15,68	15,61	15,53	15,45	15,37	15,29	15,21	15,13	15,05	14,97	14,89	14,81
17	17,20	17,12	17,04	16,97	16,89	16,81	16,73	16,66	16,57	16,49	16,41	16,32	16,24	16,15	16,07	15,98	15,89	15,81	15,72
18	18,20	18,12	18,03	17,95	17,87	17,79	17,70	17,62	17,53	17,45	17,36	17,27	17,18	17,09	17,00	16,91	16,82	16,73	16,63
19	19,20	19,11	19,03	18,94	18,85	18,76	18,67	18,59	18,50	18,40	18,31	18,22	18,13	18,03	17,94	17,84	17,74	17,64	17,55
20	20,20	20,11	20,02	19,93	19,83	19,74	19,65	19,55	19,46	19,36	19,27	19,17	19,07	18,97	18,87	18,77	18,66	18,56	18,46
21	21,20	21,10	21,01	20,91	20,81	20,72	20,62	20,52	20,42	20,32	20,22	20,12	20,01	19,91	19,80	19,70	19,59	19,48	19,37
22	22,20	22,10	22,00	21,90	21,80	21,70	21,59	21,49	21,39	21,28	21,17	21,07	20,96	20,85	20,74	20,63	20,51	20,40	20,28
23	23,20	23,09	22,99	22,88	22,78	22,67	22,56	22,46	22,35	22,24	22,13	22,02	21,90	21,79	21,67	21,55	21,44	21,31	21,20
24	24,20	24,09	23,98	23,87	23,76	23,65	23,54	23,43	23,31	23,20	23,08	22,97	22,85	22,73	22,61	22,48	22,36	22,23	22,11
25	25,20	25,08	24,97	24,86	24,74	24,63	24,51	24,39	24,28	24,16	24,04	23,91	23,79	23,67	23,54	23,41	23,28	23,15	23,02

Tabelle II.

Grade nach Beaumé	Specifisches Gewicht	Gehalt an Salzsäure- Gas in Procenten	Löst kohlensauren Kalk in Procenten	Salzsäure-Mengen, welche zur Auflösung von je 1, 2 ... bis 9 Theilen kohlensaurer Kalkerde erforderlich sind								
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
24	1,200	40,777	55,8589	1,7902	3,5805	5,3707	7,1609	8,9511	10,7414	12,5316	14,3218	16,1120
—	1,195	39,644	54,3068	1,8414	3,6828	5,5242	7,3656	9,2069	11,0483	12,8897	14,7311	16,5725
23	1,190	38,498	52,7370	1,8962	3,7924	5,6886	7,5848	9,4810	11,3772	13,2734	15,1696	17,0658
—	1,185	37,348	51,1616	1,9546	3,9092	5,8638	7,8184	9,7729	11,7275	13,6821	15,6367	17,5913
22	1,180	36,251	49,6589	2,0137	4,0275	6,0412	8,0550	10,0687	12,0824	14,0962	16,1099	18,1236
—	1,175	35,243	48,2781	2,0713	4,1427	6,2140	8,2853	10,3567	12,4280	14,4993	16,5707	18,6420
21	1,170	34,232	46,8930	2,1325	4,2650	6,3975	8,5300	10,6625	12,7950	14,9276	17,0601	19,1926
—	1,165	33,213	45,4973	2,1979	4,3959	6,5938	8,7917	10,9897	13,1876	15,3855	17,5835	19,7814
20	1,160	32,232	44,1534	2,2648	4,5297	6,7945	9,0593	11,3242	13,5890	15,8538	18,1186	20,3835
—	1,155	31,255	42,8151	2,3356	4,6713	7,0069	9,3425	11,6781	14,0138	16,3494	18,6850	21,0206
19	1,150	30,291	41,4945	2,4100	4,8199	7,2299	9,6398	12,0498	14,4597	16,8697	19,2797	21,6896
—	1,145	29,320	40,1644	2,4898	4,9795	7,4693	9,9591	12,4488	14,9386	17,4284	19,9181	22,4079
18	1,140	28,350	38,8356	2,5750	5,1499	7,7249	10,2998	12,8748	15,4497	18,0247	20,5996	23,1746
—	1,135	27,341	37,4534	2,6700	5,3400	8,0099	10,6799	13,3499	16,0199	18,6899	21,3599	24,0298
17	1,130	26,350	36,0959	2,7704	5,5408	8,3112	11,0816	13,8520	16,6224	19,3928	22,1632	24,9336
16	1,125	25,343	34,7164	2,8805	5,7610	8,6414	11,5219	14,4024	17,2829	20,1634	23,0438	25,9243
—	1,120	24,349	33,3548	2,9981	5,9961	8,9942	11,9923	14,9904	17,9884	20,9865	23,9846	26,9826
15	1,115	23,378	32,0246	3,1226	6,2452	9,3678	12,4904	15,6130	18,7356	21,8582	24,9808	28,1033
—	1,110	22,385	30,6644	3,2611	6,5222	9,7833	13,0444	16,3056	19,5667	22,8278	26,0889	29,3500
14	1,105	21,387	29,2973	3,4133	6,8266	10,2399	13,6532	17,0664	20,4797	23,8930	27,3063	30,7196
—	1,100	20,388	27,9288	3,5805	7,1611	10,7416	14,3221	17,9027	21,4832	25,0638	28,6443	32,2248

der zweiten Hälfte der Tabelle unter den Kopfschriften 1, 2, 3 . . . bis 9 diejenigen Salzsäure-Mengen im Voraus berechnet, welche zur Auflösung von 1, 2, 3 . . . bis 9 Kalk-Mengen erforderlich sind. Da nun in unserem Beispiele 36,8 Pfd. Kalk, d. i. $30 + 6 + 0,8$ Pfd. zu lösen sind, so hat man aus der Tabelle:

für 30 Pfd. Kalk demnach	58,638	Pfd. Salzsäure,
„ 6 „ „ „	11,7275	„ „ und
„ 0,8 „ „ „	1,56367	„ „ in Summa
für 36,8 Pfd. Kalk also	71,929	Pfd. Salzsäure,

oder in runder Zahl 72 Pfd. zu nehmen.

Wollte man beispielsweise ferner 206,5 Pfd. Kalk mittelst einer Salzsäure von 1,170 in Lösung bringen, so würde man haben (7. Reihe der Tab. II. von oben):

für 200 Pfd. Kalk	426,50	Pfd. Salzs. (weil 2 = 4,2650)
„ 6 „ „	12,80	„ „ (weil 6 = 12,7950)
und „ 0,5 „ „	1,07	„ „ (weil 5 = 10,6625) also
in Sa. für 206,5 „ „	440,37	Pfd. Salzsäure.

Ebenso wird man durch blosse Addition der betreffenden Werthe finden, dass:

95,3 Pfd. Kalk	175,48	Pfd. Salzs. von 1,195 spec. Gew.,
222,2 „ „	460,25	„ „ „ 1,175 „ „ und
170,0 „ „	322,35	„ „ „ 1,190 „ „

zu ihrer Auflösung verlangen.



Fünfter Abschnitt.

Ueber die volumetrisch-quantitative Bestimmung der an verschiedene Basen gebundenen Kohlensäure.

§ 19. **Theoretische Erörterungen.** Die an Basen gebundene Kohlensäure kann leicht durch stärkere Säuren in Freiheit gesetzt oder abgeschieden werden; sie tritt dann als Gas auf und kann ihrer Menge nach „durch Wägung“, oder genauer, wie ich dies (a. a. O.) gezeigt habe, „durch volumetrische Messung“ bestimmt werden. Für die letztere Messung, von der hier nur die Rede sein wird und die leicht mittelst des Apparates auszuführen ist, sind nun alle die Bedingungen zu erfüllen, die überhaupt bei gasometrischen Untersuchungen in Betracht kommen.

§ 20. Das absolute Gewicht eines Cub.-Cent. Kohlensäure bei 0° Cels. und 760 Millim. Barometerdruck ist gleich 0,00198 Grammen (Berzelius und Dulong) und das Ausdehnungs-Vermögen dieses Gases in der Wärme beträgt für jeden Centesimal-Grad nahezu 0,0037 (Regnault, Magnus) des ursprünglichen Volums bei 0° Cels. Bezeichnet man nun:

mit G das gesuchte Gewicht der gemessenen Kohlensäure in Grammen,

mit m das an der Apparat-Scale abgelesene Volum der Kohlensäure (4m drückt dann dasselbe Volum in Cub.-Cent. aus, da die Scale des Apparates von 0 bis 25 = 100 Cub.-Cent. ist),

mit b den während des Versuchs herrschenden Barometerstand in Millim.,

mit t die Temperatur nach Cels.,

mit s die Tension des Wasserdampfs in Millim. bei dieser Temperatur, und endlich

mit 0,8 das bei der Zersetzung in der entstehenden Salzlösung verschluckt bleibende, constante Kohlensäure-Volum,

so bestimmt sich das Gewicht G der in dem Apparate gemessenen Kohlensäure durch die Formel:

$$G = \frac{4(m + 0,8) 0,00198 (b - s)}{(1 + 0,0037 \cdot t) 760}.$$

Mittelst dieser Formel kann der Kohlensäure-Gehalt einer Verbindung sehr genau gefunden werden. Gesetzt, man habe von einer solchen Verbindung 0,628 Grm. der Zersetzung unterworfen und bei 19° Cels. und 772,80 Millim. Barometerdruck ein Volum von 20,2 Theilstrichen an der Scale erhalten, so würde man, da die Tension s des Wasserdampfs bei 19° Cels. = 16,35 Millim. ist*), den Kohlensäure-Gehalt G der Verbindung finden wie folgt:

$$G = \frac{4(20,2 + 0,8) 0,00198 (772,80 - 16,35)}{(1 + 0,0037 \cdot 19) 760} = 0,15467 \text{ Grm.};$$

d. h. die 0,628 Grm. der untersuchten Substanz enthalten 0,15467 Grm. oder 24,63 Proc. Kohlensäure.

Dies eine Beispiel mag genügen, da es nicht der Zweck vorliegender Gebrauchs-Anweisung ist, näher auf die an sich verständliche Benutzung der Formel einzugehen.

§ 21. Wenn man die, für die Resultate meist nicht erheblichen Barometer-Schwankungen vernachlässigt (was bei technisch-chemischen Versuchen sehr wohl geschehen kann), d. h. wenn man für jeden einzelnen Versuch den mittleren Barometerstand von 760 Millim. voraussetzt, so gewinnt die § 20. gegebene Formel eine einfachere Gestalt, aus welcher sich dann ein für alle Mal Tabellen herleiten lassen, die jede weitere Rechnung überflüssig machen. Die Formel geht nämlich durch Einsetzung des Normal-Barometerstandes von 760 Millim. über in folgende:

*) S. Regnault's Tabelle in Bunsen's: Gasometrische Methoden, S. 277.

$$G = \frac{(m + 0,8) 0,000010421 (760 - s)}{1 + 0,0037 \cdot t};$$

aus welcher die beigelegte Tabelle III. berechnet wurde, die das Gewicht der Kohlensäure für mittlere Temperaturen (von 14 bis 28° Cels.) enthält.

Mit Hülfe dieser Tabelle ist es nun leicht, dass in irgend welcher Verbindung enthaltene Gewicht der Kohlensäure aus ihrem an der Scale des Apparates abgelesenen Volum abzuleiten. Gesetzt, man habe von einer Kohlensäure-Verbindung 0,824 Grm. abgewogen und bei der Zersetzung derselben im Apparate eine Volumanzeige an der Scale C von $m = 18,7$ Graden bei 20° Cels. erhalten, so ist $m + 0,8 = 18,7 + 0,8 = 19,5$, wofür man in Tabelle III., Vertikalspalte für 20° Cels., folgende Werthe findet:

$$\begin{aligned} 10 \text{ Vol.} &= 0,072055 \text{ Gr. Kohlens.}, \\ 9 \text{ „} &= 0,064850 \text{ „ „} \\ 0,5 \text{ „} &= 0,003603 \text{ „ „ (weil } 5 = 0,036028) \end{aligned}$$

also $m + 0,8$, d. i. 19,5 Vol. = 0,140508 Gr. Kohlens.;
d. h. die untersuchten 0,824 Gr. der Substanz enthalten

$$0,140508 \text{ Gr., oder } \frac{14,0508}{0,824} = 17,05 \text{ Proc. Kohlensäure.}$$

In der Mehrzahl der Fälle will man jedoch nicht den procentischen Gehalt eines Körpers an Kohlensäure kennen lernen, sondern vielmehr erfahren, wie gross die Menge eines vorhandenen kohlensauren Salzes, z. B. des kohlensauren Kalis in der Pottasche, der kohlensauren Kalkerde im Mergel etc. an sich ist. Diese Aufgabe würde sich leicht auf Grund einfacher stöchiometrischer Berechnungen lösen lassen, da man weiss, dass je ein Gewichtstheil Kohlensäure entsprechend ist:

mit 3,1409090 (log. 0,4970553) Gewth. kohlens. Kali,
„ 2,40909 (log. 0,3818532) „ „ Natron,
„ 2,272727 (log. 0,3565473) „ kohlens. Kalkerde
und „ 1,909090 (log. 0,2808266) „ „ Magnesia;
d. h. man würde das aus der Tabelle III. entnommene Gewicht der Kohlensäure (wie vorhin gezeigt) nur mit einer dieser Zahlen zu multipliciren haben, um die Menge der be-

treffenden Kohlensäure-Verbindung in dem untersuchten Körper zu finden. Um jedoch auch diese Berechnungen zu umgehen, sind die ferneren Tabellen IV., V., VI. und VII. beigegeben, die das aus dem Volum hergeleitete Gewicht der einzelnen kohlensauren Salze bis auf je 6 Decimalstellen enthalten, von denen die beiden letzten selbstverständlich jedoch nur einen annähernden Werth beanspruchen können.

§ 22. **Ausführung der Versuche.** Um die Menge der in irgend einer Verbindung enthaltenen Kohlensäure zu erfahren, wird eine bestimmte, gewisse Grenzen nicht überschreitende Quantität der Substanz abgewogen (s. § 23.) und damit genau verfahren, wie dies §§ 13. und 14. für Knochenkohle gezeigt wurde. In dem an der Scale abgelesenen Volum und der gleichzeitig beobachteten Temperatur besitzt man dann die für die Berechnung erforderlichen Daten, und zwar berechnet sich, wie dies § 21. gezeigt wurde, der Kohlensäure-Gehalt der angewendeten Substanzen aus Tab. III., der Gehalt an kohlensaurem Kali, Natron, kohlensaurer Kalkerde oder Magnesia aber in derselben Weise beziehlich aus Tab. IV., V., VI. und VII. So z. B. würde ein bei 19° Cels. gemessenes Kohlensäure-Volum von $m = 22,3$, d. i. $m + 0,8 = 23,1$ Vol. entsprechend sein:

mit 0,167258 Grm. Kohlensäure	(aus Tab. III.),
oder „ 0,525342 „ kohlens. Kali	(aus Tab. IV.),
„ „ 0,402940 „ „ Natron	(aus Tab. V.),
„ „ 0,380122 „ kohlens. Kalk	(aus Tab. VI.),
„ „ 0,319311 „ kohlens. Magnesia	(aus Tab. VII.).

§ 23. **Abwägung der Proben.** Für die Abwägung der zu untersuchenden Substanzen ist es **durchaus erforderlich**, dass **richtig gestellte Gramm-Gewichte** zur Hand sind. Ist letzteres aber nicht der Fall, so muss die Relation des benutzten Gewichts zum Normal-Gramm festgestellt werden, was ein für alle Mal durch eine einfache Wägung ermittelt werden kann, denn das dem Apparate beigegebene Gewichtstück ist genau = 1,7 Normal-Gramm. Findet man nun z. B. bei Auswägung desselben 1,695 Grm. statt 1,700, so sind dem ent-

sprechend jedesmal auch die gefundenen Volumgrade (z. B. 20,1) an der Scale zu verringern nach der Proportion:

$$1,7 : 1,695 = 20,1 : x;$$

$$x = 20,04.$$

Ist diese Relation der Gewichte einmal bekannt, so kann man sich leicht eine kleine Umsetzungs-Tabelle auf Normalgewichte danach berechnen und wenn man dann in der Folge die zu untersuchenden Substanzen jedesmal auf die Schaaale der Waage bringt, worauf das Gewichtstück 1,7 bei der vorgedachten Wägung stand, so hat man gleichzeitig jeden durch die Ungleicharmigkeit der Waage bedingten Fehler eliminirt. Uebrigens stellen sich selten merkbare Abweichungen vom Normal-Gramm bei Gewichtsätzen heraus, die aus renommirten Quellen bezogen wurden.

Die abzuwägenden Proben sind selbstverständlich nicht so gross zu wählen, dass ein Kohlensäure-Volum an der Scale von über 25 Theilstrichen frei wird; andererseits wähle man, wenn angehend, die Grösse der Probe aber auch nicht so klein, dass ein Volum unter 15 bis 12 Theilstrichen zur Ablesung kommt, denn dann bleibt die Grösse 0,8, welche zu jeder Ablesung addirt werden muss, nicht mehr constant dieselbe. Einige Uebung wird hier bald das Richtige lehren. Für chemisch reine kohlensaure Salze lässt sich übrigens das Maximum der abzuwägenden Quantitäten für jede Temperatur leicht aus den betreffenden Tabellen ansehen; so z. B. werden 25 + 0,8 Vol. Kohlensäure bei 16° Cels. von einer Gewichtsmenge kohlensauren Kalis (Tab. IV.) = 0,595134 Grm. entwickelt, denn:

$$\begin{array}{rcl} 20 \text{ Vol.} & = & 0,461344 \\ 5 \text{ „} & = & 0,115336 \\ 0,8 \text{ „} & = & 0,018454 \\ \hline 25,8 \text{ Vol.} & = & 0,595134, \end{array}$$

d. h. man darf höchstens nur etwa 0,595 Grm. des reinen Salzes zur Zersetzung bringen, da diese schon bei 16° Cels. ein Kohlensäure-Volum von 25 Theilstrichen entbinden lassen. Bei der Temperatur 25° Cels. würde dieses Maximum etwa 0,569 Grm. betragen und ebenso lässt es sich leicht für die

andern reinen Salze bei jeder beliebigen Temperatur im Voraus ansehen. Hat man unreine kohlensaure Salze zu untersuchen, so wird im Allgemeinen die abzuwägende Versuchsprobe um so grösser gewählt werden können, je geringer der Kohlensäure-Gehalt derselben ist, und in derartigen Fällen wird man leicht durch Anstellung eines vorläufigen Versuchs die Maximal-Grösse der abzuwägenden Probe feststellen können.

§ 24. **Uebungs-Beispiele.** Um den Gebrauch der Tabellen III. bis VII., sowie die Einfachheit des ganzen Verfahrens anschaulich zu machen, mögen schliesslich noch einige Beispiele hier aufgeführt werden.

1. 0,602 Grm. Russische Pottasche lieferten ein Kohlensäure-Volum $m = 20,1$ bei 16° Cels. Für 20,1 + 0,8 = 20,9 haben wir nun:

$$20 \text{ Vol.} = 0,461344 \text{ Gr. kohlens. Kali (Tab. IV.)}$$

$$0,9 \text{ „} = 0,020761 \text{ „ „ „ (weil } 9 = 0,207605)$$

$$20,9 \text{ Vol.} = 0,482105 \text{ Gr. kohlens. Kali;}$$

d. h. 0,602 Grm. der Pottasche enthalten

$$0,482105 \text{ Gr. oder } \frac{48,2105}{0,602} = 80,08 \text{ Proc. kohlens. Kali.}$$

2. 0,5052 Grm. calcinirte, nochmals geglühte, sogenannte 85 procentige Soda des Handels. Volum-Anzeige: 22,8 bei 14° Cels. Hieraus folgt nach Tab. V. für 22,8 + 0,8 = 23,6:

$$20 \text{ Vol.} = 0,357120 \text{ Grm. kohlens. Natron,}$$

$$3 \text{ „} = 0,053568 \text{ „ „ „}$$

$$0,6 \text{ „} = 0,010714 \text{ „ „ „}$$

$$23,6 \text{ Vol.} = 0,421402 \text{ Grm. oder } 83,41 \text{ Proc. kohlensaures Natron.}$$

3. 0,8478 Gramm krystallisirte Soda des Handels ($\text{NaO, CO}^2 + 10 \text{ aq.}$). Abgelesenes Volum = 16,4 bei 23° Cels. Für 16,4 + 0,8 = 17,2 findet man nach Tab. V. 0,294125 Grm. oder 34,69 Proc. wasserfreies kohlensaures Natron.
4. 0,500 Grm. Kalkmergel gaben 24,6 Vol. bei 16° Cels. Nach Tab. VI. entspricht dies einem Gehalte von

0,423959 Grm. oder 84,79 Proc. kohlensaurer Kalkerde (für $24,6 + 0,8 = 25,4$).

5. 5 Grm. Ackererde lieferten ein Kohlensäure - Volum von 24,8 bei 17° Cels. Daraus folgen für $24,8 + 0,8 = 25,6$ 0,4253 oder $2 \times 4,253 = 8,5$ Proc. kohlensaure Kalkerde.
6. 0,690 Grm. frisch ausgeglühte, kohlenfreie Holzasche (von Büchen-Brennholz) lieferten 20,3 Vol. Kohlensäure bei 23° Cels., woraus sich nach Tab. III. für $m + 0,8 = 21,1$ Vol. 0,149773 Grm. oder 21,71 Proc. Kohlensäure berechnen.

0,8504 Grm. derselben Asche wurden nun auf dem Filter gut ausgewaschen und der Rückstand im Apparat zersetzt. Erhalten wurden 21,2 Vol. bei 21° Cels.; demnach ist der (an Kalk gebundene) Kohlensäure - Gehalt der Asche gleich 0,157742 Grm. oder 18,55 Proc.

Die Differenz dieser beiden Bestimmungen beträgt also 3,16 Proc. und diese Zahl mit 3,1409 multipliziert liefert den Gehalt der Holzasche an kohlensaurem Kali zu 9,93 Proc. — Das beim Auswaschen erhaltene Filtrat vom unlöslichen Rückstand der Asche wurde zur Controle letzteren Resultats maassanalytisch untersucht, wobei sehr übereinstimmend 10,04 Proc. kohlensaures Kali erhalten wurden.

Eine grössere Anzahl hierher gehöriger Beispiele, namentlich unter Anwendung chemisch reiner Substanzen, finden sich in dem oben erwähnten Aufsatz: Zeitschrift für Rübenzucker-Industrie 86. Lief. S. 528 ff.



Unterzeichneter liefert den vorstehend beschriebenen, unter seiner Aufsicht gefertigten und revidirten Apparat mit allen in § 1. verzeichneten Geräthschaften

complet (incl. solider Verpackung) zu **20 Thlr. Pr. Cour.**

Preise einzelner Theile des Apparats.

	Thlr.	Sgr.	Pf.
1. Eine Entwicklungs-Flasche A, incl. Gutta-Percha-Gefäss s	2	—	—
2. Eine dreifach tubulirte Flasche B mit Kautschuck-Blase	2	—	—
3. Eine calibrirte Röhre C	2	—	—
4. Eine Control-Röhre D mit Kork und Röhren —	20	—	—
5. Eine zweihalsige Flasche E mit Röhren . . .	20	—	—
6. Ein Normal-Gewichtstück	—	15	—
7. Ein Thermometer nach Celsius	1	15	—
8. Kleine Porzellan-Schaalen à Stück	—	4	—
9. Quetsch-Hähne à Stück	—	7	6

Die Versendung geschieht in solider Verpackung auf Gefahr des Empfängers.

Dr. C. Scheibler.



Tabelle III.

zur Berechnung des Gewichts der Kohlensäure aus dem Volum derselben.

Abgelesenes um 0,8 vergrößer- tes Volum. (m \pm 0,8)	Gewicht der Kohlensäure (in Grammen) bei 760 Millim. Druck und den Temperaturen (nach Cels.):														
	14 Grad	15 Grad	16 Grad	17 Grad	18 Grad	19 Grad	20 Grad	21 Grad	22 Grad	23 Grad	24 Grad	25 Grad	26 Grad	27 Grad	28 Grad
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
1	0,007412	0,007378	0,007344	0,007310	0,007275	0,007241	0,007206	0,007170	0,007134	0,007098	0,007062	0,007025	0,006987	0,006950	0,006911
2	0,014824	0,014756	0,014688	0,014620	0,014551	0,014481	0,014411	0,014340	0,014269	0,014196	0,014123	0,014050	0,013975	0,013899	0,013822
3	0,022236	0,022134	0,022032	0,021930	0,021826	0,021722	0,021617	0,021510	0,021403	0,021295	0,021185	0,021074	0,020962	0,020849	0,020733
4	0,029648	0,029513	0,029377	0,029240	0,029102	0,028962	0,028822	0,028680	0,028537	0,028393	0,028247	0,028099	0,027950	0,027798	0,027645
5	0,037060	0,036891	0,036721	0,036549	0,036377	0,036203	0,036028	0,035851	0,035672	0,035491	0,035309	0,035124	0,034937	0,034748	0,034556
6	0,044472	0,044269	0,044065	0,043859	0,043652	0,043444	0,043233	0,043021	0,042806	0,042589	0,042370	0,042149	0,041924	0,041697	0,041467
7	0,051884	0,051647	0,051409	0,051169	0,050928	0,050684	0,050439	0,050191	0,049941	0,049688	0,049432	0,049173	0,048912	0,048647	0,048378
8	0,059295	0,059025	0,058753	0,058479	0,058203	0,057925	0,057644	0,057361	0,057075	0,056786	0,056494	0,056198	0,055899	0,055596	0,055289
9	0,066707	0,066403	0,066097	0,065789	0,065478	0,065165	0,064850	0,064531	0,064209	0,063884	0,063555	0,063223	0,062886	0,062546	0,062200
10	0,074119	0,073781	0,073441	0,073099	0,072754	0,072406	0,072055	0,071701	0,071344	0,070982	0,070617	0,070248	0,069874	0,069495	0,069111
20	0,148239	0,147563	0,146883	0,146198	0,145508	0,144812	0,144110	0,143402	0,142687	0,141965	0,141234	0,140495	0,139748	0,138990	0,138223

Tabelle IV.

zur Berechnung des Gewichts des kohlen-sauren Kalis aus dem Volum der Kohlensäure.

Abgelesenes um 0,8 vergrösser- tes Volum (m + 0,8)	Bei den Temperaturen (nach Cels.):														
	14 Grad	15 Grad	16 Grad	17 Grad	18 Grad	19 Grad	20 Grad	21 Grad	22 Grad	23 Grad	24 Grad	25 Grad	26 Grad	27 Grad	28 Grad
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
1	0,023280	0,023174	0,023067	0,022960	0,022851	0,022742	0,022632	0,022521	0,022408	0,022295	0,022180	0,022064	0,021947	0,021828	0,021707
2	0,046560	0,046348	0,046134	0,045919	0,045703	0,045484	0,045264	0,045041	0,044817	0,044590	0,044360	0,044128	0,043893	0,043655	0,043414
3	0,069841	0,069522	0,069202	0,068879	0,068554	0,068226	0,067896	0,067562	0,067225	0,066885	0,066541	0,066192	0,065840	0,065483	0,065122
4	0,093121	0,092696	0,092269	0,091839	0,091405	0,090968	0,090528	0,090082	0,089634	0,089180	0,088721	0,088256	0,087787	0,087311	0,086829
5	0,116401	0,115871	0,115336	0,114799	0,114257	0,113711	0,113160	0,112603	0,112042	0,111475	0,110901	0,110321	0,109734	0,109139	0,108536
6	0,139681	0,139045	0,138403	0,137758	0,137108	0,136453	0,135791	0,135124	0,134450	0,133769	0,133081	0,132385	0,131680	0,130966	0,130243
7	0,162961	0,162219	0,161470	0,160718	0,159959	0,159195	0,158423	0,157644	0,156859	0,156064	0,155261	0,154449	0,153627	0,152794	0,151950
8	0,186242	0,185393	0,184538	0,183678	0,182810	0,181937	0,181055	0,180165	0,179267	0,178359	0,177442	0,176513	0,175574	0,174622	0,173658
9	0,209522	0,208567	0,207605	0,206637	0,205662	0,204679	0,203687	0,202685	0,201676	0,200654	0,199622	0,198577	0,197520	0,196449	0,195365
10	0,232802	0,231741	0,230672	0,229597	0,228513	0,227421	0,226319	0,225206	0,224084	0,222949	0,221802	0,220641	0,219467	0,218277	0,217072
20	0,465604	0,463482	0,461344	0,459194	0,457026	0,454842	0,452638	0,450412	0,448168	0,445898	0,443604	0,441282	0,438934	0,436554	0,434144

Tabelle V.

zur Berechnung des Gewichts des kohlensauren Natrons aus dem Volum der Kohlensäure.

Abgelesenes um 0,8 vergrößer- tes Volum (m + 0,8)	Bei den Temperaturen (nach Cels.):														
	14 Grad	15 Grad	16 Grad	17 Grad	18 Grad	19 Grad	20 Grad	21 Grad	22 Grad	23 Grad	24 Grad	25 Grad	26 Grad	27 Grad	28 Grad
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
1	0,017856	0,017775	0,017693	0,017610	0,017527	0,017443	0,017359	0,017274	0,017187	0,017100	0,017012	0,016923	0,016833	0,016742	0,016650
2	0,035712	0,035549	0,035385	0,035220	0,035054	0,034887	0,034718	0,034548	0,034375	0,034201	0,034025	0,033847	0,033666	0,033484	0,033299
3	0,053568	0,053324	0,053078	0,052831	0,052581	0,052330	0,052076	0,051821	0,051562	0,051301	0,051037	0,050770	0,050500	0,050226	0,049949
4	0,071424	0,071098	0,070771	0,070441	0,070108	0,069773	0,069435	0,069095	0,068749	0,068401	0,068049	0,067693	0,067333	0,066968	0,066598
5	0,089280	0,088873	0,088464	0,088051	0,087636	0,087217	0,086794	0,086369	0,085937	0,085502	0,085062	0,084617	0,084166	0,083710	0,083248
6	0,107136	0,106648	0,106156	0,105661	0,105163	0,104660	0,104153	0,103643	0,103124	0,102602	0,102074	0,101540	0,100999	0,100452	0,099897
7	0,124992	0,124422	0,123849	0,123271	0,122690	0,122103	0,121512	0,120917	0,120311	0,119702	0,119086	0,118463	0,117832	0,117194	0,116547
8	0,142848	0,142197	0,141542	0,140882	0,140217	0,139546	0,138870	0,138190	0,137498	0,136802	0,136098	0,135386	0,134666	0,133936	0,133196
9	0,160704	0,159971	0,159234	0,158492	0,157744	0,156990	0,156229	0,155464	0,154686	0,153903	0,153111	0,152310	0,151499	0,150678	0,149846
10	0,178560	0,177746	0,176927	0,176102	0,175271	0,174433	0,173588	0,172738	0,171873	0,171003	0,170123	0,169233	0,168332	0,167420	0,166495
20	0,357120	0,355492	0,353854	0,352204	0,350542	0,348866	0,347176	0,345476	0,343746	0,342006	0,340246	0,338466	0,336664	0,334840	0,332990

Tabelle VI.

zur Berechnung des Gewichts der kohlensauren Kalkerde aus dem Volum der Kohlensäure.

Abgelesenes um 0,8 vergrößer- tes Volum (m + 0,8)	Bei den Temperaturen (nach Cels.):														
	14 Grad	15 Grad	16 Grad	17 Grad	18 Grad	19 Grad	20 Grad	21 Grad	22 Grad	23 Grad	24 Grad	25 Grad	26 Grad	27 Grad	28 Gra
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
1	0,016845	0,016769	0,016691	0,016613	0,016535	0,016456	0,016376	0,016296	0,016214	0,016132	0,016049	0,015965	0,015880	0,015794	0,01570
2	0,033691	0,033537	0,033382	0,033227	0,033070	0,032912	0,032752	0,032591	0,032429	0,032265	0,032099	0,031931	0,031761	0,031589	0,03141
3	0,050536	0,050306	0,050074	0,049840	0,049605	0,049368	0,049129	0,048887	0,048643	0,048397	0,048148	0,047896	0,047641	0,047383	0,04712
4	0,067381	0,067074	0,066765	0,066453	0,066140	0,065824	0,065505	0,065183	0,064858	0,064529	0,064197	0,063862	0,063522	0,063177	0,06282
5	0,084227	0,083843	0,083456	0,083067	0,082675	0,082280	0,081881	0,081479	0,081072	0,080662	0,080247	0,079827	0,079402	0,078972	0,07853
6	0,101072	0,100611	0,100147	0,099680	0,099210	0,098735	0,098257	0,097774	0,097286	0,096794	0,096296	0,095792	0,095282	0,094766	0,09424
7	0,117917	0,117380	0,116838	0,116293	0,115745	0,115191	0,114633	0,114070	0,113501	0,112926	0,112345	0,111758	0,111163	0,110560	0,10995
8	0,134762	0,134148	0,133530	0,132906	0,132280	0,131647	0,131010	0,130366	0,129715	0,129058	0,128394	0,127723	0,127043	0,126354	0,12565
9	0,151608	0,150917	0,150221	0,149520	0,148815	0,148103	0,147386	0,146661	0,145930	0,145191	0,144444	0,143689	0,142924	0,142149	0,14136
10	0,168453	0,167685	0,166912	0,166133	0,165350	0,164559	0,163762	0,162957	0,162144	0,161323	0,160493	0,159654	0,158804	0,157943	0,15707
20	0,336906	0,335370	0,333824	0,332266	0,330700	0,329118	0,327524	0,325914	0,324288	0,322646	0,320986	0,319308	0,317608	0,315886	0,31414

Tabelle VII.

zur Berechnung des Gewichts der kohlen sauren Magnesia aus dem Volum der Kohlensäure.

Abgelesenes um 0,8 vergrößer- tes Volum (m + 0,8)	Bei den Temperaturen (nach Cels.):														
	14 Grad	15 Grad	16 Grad	17 Grad	18 Grad	19 Grad	20 Grad	21 Grad	22 Grad	23 Grad	24 Grad	25 Grad	26 Grad	27 Grad	28 Grad
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
1	0,014150	0,014086	0,014021	0,013955	0,013889	0,013823	0,013756	0,013688	0,013620	0,013551	0,013481	0,013411	0,013340	0,013268	0,013195
2	0,028300	0,028171	0,028041	0,027910	0,027779	0,027646	0,027512	0,027377	0,027240	0,027102	0,026963	0,026822	0,026679	0,026536	0,026391
3	0,042450	0,042257	0,042062	0,041866	0,041668	0,041469	0,041268	0,041065	0,040860	0,040654	0,040444	0,040233	0,040019	0,039804	0,039588
4	0,056600	0,056342	0,056082	0,055821	0,055558	0,055292	0,055024	0,054754	0,054480	0,054205	0,053926	0,053644	0,053358	0,053072	0,052784
5	0,070750	0,070428	0,070103	0,069776	0,069447	0,069115	0,068780	0,068442	0,068101	0,067756	0,067407	0,067055	0,066698	0,066340	0,065979
6	0,084900	0,084513	0,084124	0,083731	0,083336	0,082938	0,082536	0,082130	0,081721	0,081307	0,080888	0,080465	0,080037	0,079608	0,079176
7	0,099050	0,098599	0,098144	0,097686	0,097226	0,096761	0,096292	0,095819	0,095341	0,094858	0,094370	0,093876	0,093377	0,092876	0,092371
8	0,113200	0,112684	0,112165	0,111642	0,111115	0,110584	0,110048	0,109507	0,108961	0,108410	0,107851	0,107287	0,106716	0,106144	0,105568
9	0,127350	0,126770	0,126185	0,125597	0,125005	0,124407	0,123804	0,123196	0,122581	0,121961	0,121333	0,120698	0,120056	0,119412	0,118764
10	0,141500	0,140855	0,140206	0,139552	0,138894	0,138230	0,137560	0,136884	0,136201	0,135512	0,134814	0,134109	0,133395	0,132680	0,131959
20	0,283000	0,281710	0,280412	0,279104	0,277788	0,276460	0,275120	0,273768	0,272402	0,271024	0,269628	0,268218	0,266790	0,265360	0,263888